

압출성형 옥수수 섬유질 첨가에 따른 식빵의 품질 특성

이규철 · 류기형[†]

공주대학교 식품공학과

Quality Characteristics of Bread Supplemented with Extruded Corn Fiber

Kyu-Chul Lee and Gi-Hyung Ryu[†]

Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 314-701, Korea

ABSTRACT The aim of this study was to evaluate the quality characteristics of bread supplemented with extruded corn fiber. The extrusion was conducted as the moisture content of the corn fiber reached 30% and 40% (at 140°C and 200 rpm). The bread baked with 5% extruded corn fiber at a 40% feed moisture exhibited the highest specific volume. The hardness of the bread supplemented with 10% corn fiber was the highest during storage compared to bread supplemented with extruded corn fiber and the control (100% wheat flour). However, the hardness of bread with corn fiber or extruded corn fiber (5%) was lower than the control. In the sensory evaluation, preferences decreased with the increased addition of untreated and extruded corn fiber. Quality characteristics, such as specific volume and texture, of bread baked with extruded corn fiber were better than bread baked with corn fiber. This improvement in quality is likely due to modification of corn fibers and starch gelatinization from the extrusion process. Supplement of extruded corn fiber had the potential for bread making compared to raw corn fiber.

Key words: corn fiber, extrusion, bread volume, bread color, sensory characteristics

서 론

식생활의 서구화로 제빵산업이 발달하고, 빵을 주식으로 하는 인구가 늘고 있다. 또한 기존의 재료보다는 기능성이 첨가된 부재료를 활용한 건강 지향적인 식품의 수요가 증가하고 있는 추세이다(1).

특히 건강빵, 기능성 빵에 대한 소비자들의 관심이 높아지고 있는 실정으로 흑미(2), 검정콩 분말(3), 쌀가루(4), 썩 분말(5), 가자(*Terminalia chebula* Retz) 분말(6) 등의 재료를 이용한 빵 제조 연구가 활발히 진행되었다. 식이섬유의 기능성 및 생리적 중요성이 대두되면서 고식이섬유 보강식품이 빠른 속도로 증가하게 되었다. 식이섬유 보강식품의 연구는 ready-to-eat-cereals, bakery products, 음료 등에 다양하게 적용되어 왔다. Pomeranz 등(7)은 밀가루에 wheat bran을 5%까지 첨가하여 양호한 식빵을 제조하였으나 7% 이상을 첨가했을 때는 빵의 부피가 현저히 감소되고 조직감이 떨어지는 등 급격한 품질의 저하를 일으켰다고 보고하였다. Toma 등(8)은 식이 섬유질로서 5~15%의 potato peel을 첨가하여, Chen 등(9)은 사과 섬유질을 첨가하여 제빵특성을 조사하였다.

옥수수 섬유질은 옥수수 전분을 분리하는 습식제분(wet

milling) 과정에서 발생하는 주요 부산물로서 대규모로 전분을 생산하는 가공공정에서 주로 생산된다. 옥수수 섬유질은 cellulose 15%, hemicellulose 35%, lignin 8%로 구성되어 있는 불용성 섬유소 급원으로 인체 내 소화효소에 의해 분해되지 않아 열량을 제공하지 않으며 장의 연동운동을 촉진하고 포만감을 주면서 지방흡수 및 인슐린 저항성을 감소시키는 등의 생리활성 기능을 하는 것으로 알려져 있다(10-12). 수용성 식이섬유를 식품에 첨가 시 점도를 증가시키고, 불용성 식이섬유는 식품의 보수력을 향상시키는 기능을 가진다(13). 지금까지 옥수수의 습식제분과정에서 발생하는 옥수수 섬유질은 8~10%로 대부분 사료 원료로 이용되었으나(14-16), 식이섬유의 뛰어난 생리활성과 각종 질병에 대한 효과가 알려지면서 제분 부산물을 활용한 식이섬유 제품의 생산이 활발히 이루어지고 있다(17). 또한 곡류의 식이섬유는 구성성분 간의 결합이 매우 조밀하므로 곡류의 식이섬유는 화학적, 효소적, 물리적 처리에 의한 분해가 어려워 다양한 식품소재로 이용하기 어렵다.

압출성형에서 고온, 고압, 고전단력은 식품원료의 분자적 구조특성을 효율적으로 변화시켜 최종적인 조직특성의 변화를 유도할 수 있다. 곡류의 대표적인 가공부산물인 섬유질은 조직간에 강한 결합력을 가지고 있어 압출성형의 강한 물리적 변형력을 이용한 가공에 대표적으로 적용할 수 있는 식품이다(18).

본 연구에서는 압출성형 옥수수 섬유질을 첨가한 고식이

Received 28 December 2012; Accepted 2 July 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr, Phone: 82-41-330-1484

섬유 식빵을 제조하기 위하여 옥수수 섬유질(corn fiber, CF), 압출성형 옥수수 섬유질(extruded corn fiber, ECF)의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 품질특성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 옥수수 섬유질은 삼양제넥스(Incheon, Korea)에서 제공받아 압출성형하여 사용하였다. 옥수수 섬유질의 일반성분은 조단백질 10.52±0.16%, 조회분 12.42±0.06%, 조지방 4.24±0.01%, 전분함량 15.50±0.53%이며, 강력분(Daehan Flour Mills Co., Ltd, Incheon, Korea), 설탕(CJ CheilJedang, Seoul, Korea), 이스트(S.I. Lesaffre, France), 쇼트닝(Ottogi, Anyang, Korea), 소금은 시중제품을 사용하였다.

압출성형조건

압출성형 옥수수 섬유질의 제조에는 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였으며 직경은 30.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 23:1이었고, 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였다. 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 압출성형조건은 수분함량 30, 40%로 조절하였다. 스크루 회전속도 200 rpm, 배럴온도 140°C, 원료투입량은 120 g/min으로 고정하였고 제조된 압출성형물은 열풍건조기(DS-FCPO250, DongSeo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C에서 8시간 건조하였다. 건조 시료는 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄한 다음, 50 mesh 표준체(Testing sieve, Chunggye Sanggong Co., Gunpo, Korea)를 통과한 분말을 실험에 사용하였다.

옥수수 섬유질 첨가 식빵 제조

Table 1과 같은 배합비로 압출성형한 옥수수 섬유질을 첨가하여 straight dough method(19)에 의하여 식빵을 제조하였다. 1차 발효를 30°C에서 60분간 실시 후 170 g으로 분할하고 성형한 후 60분간 2차 발효하여 180°C의 baking oven(FDO-7102, Daeyoung, Seoul, Korea)에서 35분간 구웠다.

반죽부피

반죽부피는 Wang 등(20)의 실험방법을 약간 수정하여 측정하였다. 반죽을 30 g 씩 분할하여 반죽을 250 mL cylinder에 넣고 부피의 변화를 측정하기 전에 동일한 부피로 압축하였다. 압축된 반죽을 30°C에서 120분간 발효시키면서 15분마다 부피를 측정하였다. 반죽부피는 각 시료를 3회 측정한 평균값으로 나타내었다.

비체적

식빵의 부피는 종자치환법(20)으로 측정하였고, 식빵의 무게를 측정한 후 부피를 무게로 나눈 값을 비체적(L/kg)으로 나타내었다.

경도

Sun Rheometer(Compac-100 II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 masticability test를 실시하였고, 식빵을 polyethylene vinyl bag에 밀봉하여 27°C에서 보관하며 4일간 24시간 간격으로 경도를 측정하였다. 각 시료를 10회 반복 측정하여 오차 범위가 큰 상하값을 제외하고 평균값을 구하였다.

색도

색채색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하

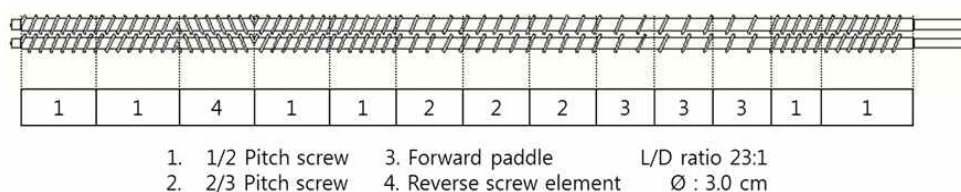


Fig. 1. Screw configuration used in this experiment (model THK 31T).

Table 1. Formulation for bread added with different levels of extruded corn fiber (Baker's %)

Ingredient	Control	30% ECF ¹⁾			40% ECF ²⁾		
		5	10	15	5	10	15
Wheat flour	100	95	90	85	95	90	85
Corn fiber	0	5	10	15	5	10	15
Sugar	10	10	10	10	10	10	10
Salt	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Yeast	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Shortening	6	6	6	6	6	6	6
Water	68	68	68	68	68	68	68

¹⁾Extruded corn fiber at 30% moisture content. ²⁾Extruded corn fiber at 40% moisture content.

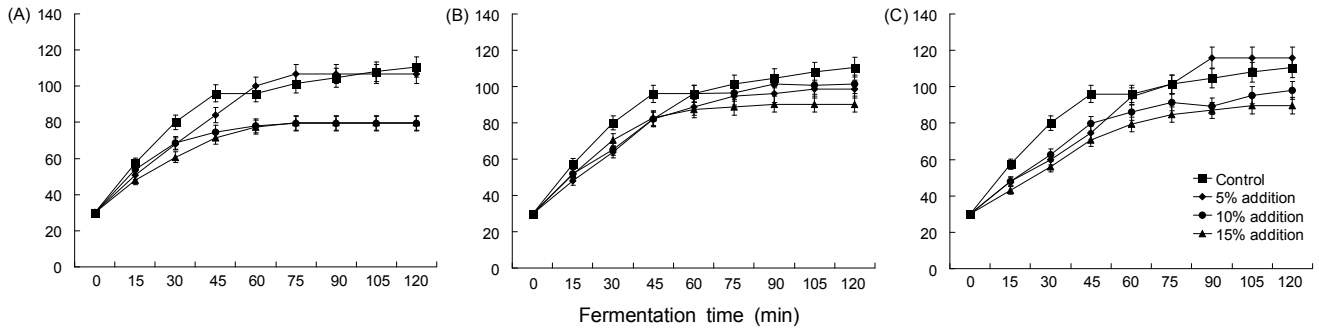


Fig. 2. Volume of dough added with corn fiber and extruded corn fiber. (A) Corn fiber. (B) Extruded corn fiber at 30% moisture content. (C) Extruded corn fiber at 40% moisture content.

여 식빵의 외부색도(crust color)와 내부색도(crumb color)를 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 측정하였으며, L값은 100(white)에서 0(black), a값은 +60(red)에서 -60(green), b값은 +60(yellow)에서 -60(blue)으로 나타내었다.

관능평가

패널 요원으로 식품공학과 대학원생 10명을 선정하여 관능검사의 방법 및 목적에 대하여 인지시킨 다음, 각 시료의 평가 후에는 물로 입을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다.

관능검사는 옥수수 섬유질과 압출성형 옥수수 섬유질 함량에 따른 10가지 식빵을 비교하여 식빵의 외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도를 5점 척도로 평가하였다.

결과 및 고찰

반죽부피

대조군과 옥수수 섬유질, 압출성형 옥수수 섬유질의 첨가량을 달리한 반죽의 부피를 120분 간 15분마다 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 옥수수 섬유질 첨가군에서 15~60분 후 모든 시료의 부피가 지속적으로 증가하였고 대조군과 5% 첨가 시 반죽부피가 가장 크게 증가하였으며, 첨가량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 60분 이후에는 10, 15%, 75분 이후 5% 첨가군은 반죽의 팽창이 더 이상 일어나지 않았으나 대조군은 120분까지 지속적으로 증가하였다. 옥수수 섬유질을 첨가한 반죽의 부피가 낮게 측정되었는데 이는 옥수수 섬유질의 수분함량과 관계가 있는 것으로 판단된다.

수분함량 30%로 압출성형한 옥수수 섬유질은 5~15% 첨가량에서 120분까지 대체적으로 증가하였으나 대조군보다 팽창율이 낮았으며 첨가량이 증가할수록 반죽의 부피팽창이 감소하였다. 그러나 수분함량 40%로 압출성형한 옥수수 섬유질 5% 첨가군은 90분 후에 팽창이 멈추었으나 대조군보다 높은 팽창율을 보였고 대조군과 10~15% 첨가군은 120분까지 부피가 증가하였으나 압출성형 옥수수 섬유질의 첨가량이 증가할수록 반죽의 부피는 감소하였다.

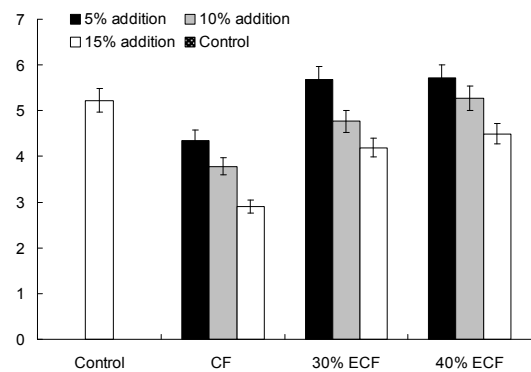


Fig. 3. Specific volume of bread added with corn fiber and extruded corn fiber. CF, corn fiber; 30% ECF, extruded corn fiber at 30% moisture content; 40% ECF, extruded corn fiber at 40% moisture content.

식빵의 비체적

옥수수 섬유질과 원료 수분함량 30, 40%로 압출성형한 옥수수 섬유질을 첨가한 식빵의 비체적은 Fig. 3과 같다. 원료 수분함량 30, 40% 압출성형 옥수수 섬유질 5% 첨가 시 비체적이 각각 5.688, 5.712 L/kg으로 대조군의 비체적 5.222 L/kg보다 큰 값을 보였으며, 옥수수 섬유질과 압출성형 옥수수 섬유질의 첨가 비율이 증가함에 따라 비체적은 감소하는 경향을 보였다. 식빵에 다른 첨가물을 넣어 제조할 때, 글루텐 함량과 첨가물의 성질에 따라 활성 글루텐 등의 구조를 유지할 수 있는 보조물질을 첨가하지 않으면 구조력을 유지하기 어려워 부피가 감소한다(21). 그러나 본 실험에서는 압출성형 옥수수 섬유질을 첨가하여 다른 보조물질의 첨가 없이 식빵을 제조하였는데도 부피의 감소가 현저히 억제되었다. 이는 압출성형을 통해 원료 옥수수 섬유질에 포함된 전분이 호화되고(20) 섬유질의 분획화(18)에 의해 부피 감소를 억제하고 부피 팽창에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 또한 cellulose 5% 첨가한 프렌치브레드의 비체적이 cellulose 10% 첨가한 프렌치브레드보다 높게 측정된 결과(22)와 일치하며 이는 옥수수 섬유질에 포함된 cellulose가 식빵의 비체적에 영향을 주는 것으로 판단된다.

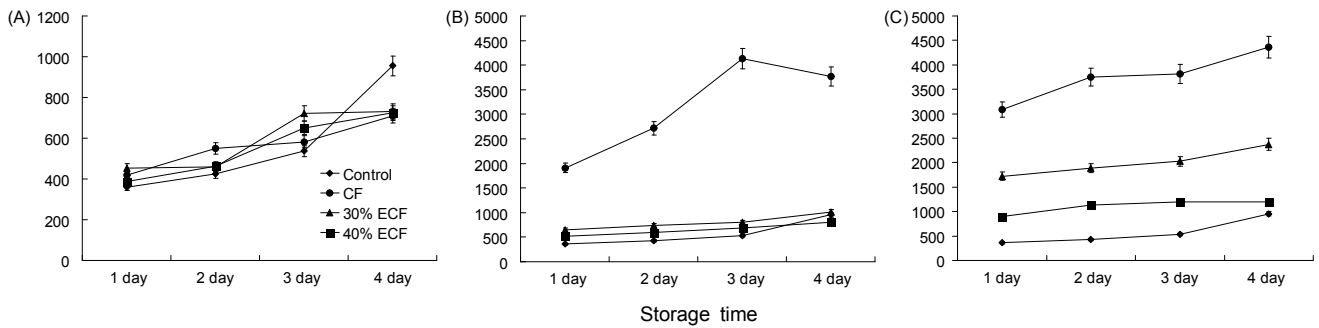


Fig. 4. The hardness changes in bread added with corn fiber and extruded corn fiber during storage time. (A) Corn fiber and extruded corn fiber at 5% content. (B) Corn fiber and extruded corn fiber at 10% content. (C) Corn fiber and extruded corn fiber at 15% content.

저장기간에 따른 식빵의 경도

옥수수 섬유질과 압출성형 옥수수 섬유질을 첨가한 식빵을 레오미터를 이용하여 경도를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 대조군과 5% 첨가군 사이에는 유의한 차이는 없었으나 10%, 15% 첨가군에서 경도 값은 각각 1,906.9~3,769, 3,087.7~4,360 g/cm²로 큰 차이를 나타내었다. 특히 옥수수 섬유질 10% 첨가군에서는 대조군과 옥수수 섬유질 5%, 압출성형 옥수수 첨가군보다 높은 경도 값을 나타내었다. 또한 옥수수 섬유질 10%와 15%의 경우, 압출성형을 통해 원료 옥수수 섬유질에 15.5% 포함된 전분의 호화와 섬유질의 구조가 파괴되어 압출성형 옥수수 섬유질 첨가 식빵의 경도가 압출성형 하지 않은 옥수수 섬유질을 첨가한 식빵의 경도보다 낮은 것으로 판단된다.

빵 내부 조직의 딱딱함은 빵 내부의 부피의 차이 때문이므로 이는 밀가루 외의 다른 첨가물을 혼합하여 식빵을 제조할 때 조직감이 딱딱해지는 경향(23)이 있는 것과 비교할 때 조직감에도 나쁜 영향을 주지 않아 바람직한 결과라 할 수 있다. 이는 곡류의 비전분성 다당류(nonstarch polysaccharide)의 함량이 높을 경우 부드러운 조직을 가진다는 보고가 있다(22). 본 실험에서 압출성형을 통해 옥수수 섬유질의 구조가 파괴되어 비전분성 다당류인 cellulose와 hemicellulose가 식빵의 경도에 영향을 주는 것으로 판단된다.

색도

옥수수 섬유질을 첨가하여 식빵을 제조한 뒤 색도를 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 옥수수 섬유질의 첨가량이 증가함에 따라 외부색도의 명도 값은 증가하였으나 적색도와 황색도 값은 감소하였다. 내부색도의 명도 값, 적색도는 첨가량이 증가함에 따라 감소하였으나 황색도는 증가하였다. 수분함량 30% 압출성형 옥수수 섬유질에서 명도, 적색도는 내부, 외부색도 뚜렷한 경향을 나타내지 않았으나 황색도 값은 첨가량에 비례하여 증가하였다. 수분함량 40% 압출성형 옥수수 섬유질의 외부색도의 명도 값은 증가하였으나 적색도와 황색도는 감소하였다. 내부색도의 명도 값과 적색도는 감소하였으나 황색도는 감소하였다.

관능평가

옥수수 섬유질과 압출성형 옥수수 섬유질의 첨가량을 달리한 식빵의 관능검사 결과는 Table 3과 같다. 관능평가에서는 대조군이 가장 선호도가 높았으며, 수분함량 40% 압출성형 옥수수 섬유질 5% 첨가군이 그 다음으로 선호도가 높았으며 옥수수 섬유질 15% 첨가군이 가장 낮은 선호도를 보였다. 대체적으로 첨가비율이 증가할수록 선호도가 떨어졌으며, 이는 첨가물의 비율이 높을수록 관능특성이 낮아지는 결과와 일치한다(24). 결론적으로 압출성형 옥수수 섬유

Table 2. Color of bread added with corn fiber and extruded corn fiber

Sample	Content (%)	Crust color			Crumb color		
		L	a (-)	b (+)	L	a (-)	b (+)
Control	0	57.795±1.703	12.453±0.559	35.873±0.674	77.229±1.155	2.320±0.168	9.506±1.114
	5	61.080±1.591	10.445±0.714	36.353±0.676	72.270±1.889	2.198±0.106	14.310±0.640
	10	64.401±1.766	7.701±0.782	35.168±0.449	71.782±1.625	1.730±0.131	17.565±0.781
CF ¹⁾	15	68.771±1.983	3.800±1.998	32.461±1.697	71.364±0.911	0.944±0.216	22.840±0.803
	5	61.395±2.855	10.095±1.679	35.788±0.563	72.624±1.949	1.718±0.133	12.684±1.172
	10	58.231±1.595	10.793±0.591	36.005±0.484	71.170±2.358	1.139±0.113	16.162±0.792
30% ECF ²⁾	15	60.945±3.770	10.918±2.578	37.711±0.839	73.216±2.023	0.557±0.221	18.550±0.806
	5	56.551±1.835	12.085±1.138	35.343±0.551	72.730±1.770	1.693±0.131	13.644±0.927
	10	56.365±2.305	12.276±0.862	35.445±0.722	72.177±2.971	1.237±0.218	16.114±0.848
40% ECF ³⁾	15	64.403±2.901	6.818±1.409	33.695±1.250	69.637±1.654	0.473±0.249	18.826±0.917

¹⁾Corn fiber. ²⁾Extruded corn fiber at 30% moisture content. ³⁾Extruded corn fiber at 40% moisture content.

Table 3. Sensory characteristics of bread added with corn fiber and extruded corn fiber

Sample	Appearance	Texture	Flavor	Taste	Overall
Control	4.9±0.300	4.5±0.671	4.0±0.894	4.4±0.663	4.2±0.671
CF ¹⁾ 5%	3.7±0.781	3.6±1.114	3.6±0.872	4.0±0.539	4.0±0.447
CF 10%	3.5±1.025	3.1±1.136	2.8±0.980	3.1±0.700	3.3±0.900
CF 15%	3.0±1.265	2.1±0.539	2.3±0.900	2.3±0.671	2.1±0.700
30% ECF ²⁾ 5%	3.5±0.922	3.9±0.831	4.1±0.700	3.8±0.748	3.6±0.800
30% ECF 10%	3.0±0.632	3.2±0.748	3.0±0.775	3.2±0.872	2.9±0.831
30% ECF 15%	2.7±0.781	2.9±0.700	2.6±0.917	2.4±0.800	2.6±0.917
40% ECF ³⁾ 5%	4.0±0.775	3.9±1.136	3.8±0.980	3.8±0.872	3.9±0.831
40% ECF 10%	3.6±0.632	3.6±0.490	3.1±0.816	3.1±0.700	3.2±0.748
40% ECF 15%	2.4±1.005	3.2±0.980	2.5±1.030	2.7±1.155	2.6±0.800

¹⁾Corn fiber. ²⁾Extruded corn fiber at 30% moisture content. ³⁾Extruded corn fiber at 40% moisture content.

질 첨가군이 식빵의 비체적, 경도와 같은 품질특성이 높음에도 불구하고 대조군보다 기호도가 떨어졌다.

요 약

옥수수 섬유질을 이용한 고식이섬유 식빵을 제조하기 위하여 옥수수 섬유질을 수분함량 30, 40%, 배럴온도 140°C, 스크루 회전속도 200 rpm으로 압출성형 처리한 후 첨가율에 따른 제빵특성을 검토하였다. 식빵의 부피는 옥수수 섬유질의 첨가비율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 압출성형 옥수수 섬유질 5% 첨가군에서는 수분함량 30, 40% 압출성형 옥수수 섬유질 첨가 식빵의 비체적이 각각 5.688, 5.712로 대조군 5.222(L/kg)보다 더 높게 측정되었다. 저장 기간 동안 옥수수 섬유질 첨가 식빵의 경도는 대조군과 압출성형 옥수수 섬유질첨가 식빵보다 높은 경도 값을 나타내었다. 그러나 옥수수 섬유질과 압출성형 옥수수 섬유질 5% 첨가 시 저장기간에 따라 대조군보다 낮은 결과를 보여주었다. 관능검사 결과는 대체적으로 첨가비율이 증가할수록 선호도가 떨어졌다. 이는 첨가물의 비율이 높을수록 품질특성이 낮아지는 결과와 일치한다. 옥수수 섬유질을 압출성형하여 첨가하였을 때 전반적인 기호도는 상승하였다. 압출성형공정을 통해 옥수수 섬유질에 포함된 전분이 호화되고 섬유질의 구조가 파괴되어 비전분성 다당류인 cellulose와 hemicellulose가 식빵 품질에 영향을 주는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 2013년도 지역혁신인력양성사업(2013-12-대-05-050)에 의하여 수행된 연구결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Hwang YK, Kim TY. 2000. Characteristics of colored rice bread using the extruded HeugjinJu rice. *Korean J Soc Food Sci* 16: 167-172.
- Oh YA, Kim MH, Kim SD. 2001. Fermentation of dough and quality of bread with Korean pigmented rice. *J East Asian Soc Dietary Life* 11: 498-505.
- Im JG, Kim YH. 2003. Quality characteristics of bread prepared by the addition of black soybean powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 13: 334-342.
- Park MK, Lee KH, Kang SA. 2006. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 419-427.
- Jung IC. 2006. Rheological properties and sensory characteristics of white bread added with added mugwort powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 332-343.
- Kim JS, Jeong SH. 2009. Effects of the amounts of *Terminalia chebula* Retz powder on the quality of white pan breads. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 430-436.
- Pomeranz Y, Shogren MD, Finney KF, Bechtel DB. 1977. Fiber in breadmaking—Effects on functional properties. *Cereal Chem* 54: 25-41.
- Toma RB, Orr PH, D'Appolonia B, Dintzis FR, Tabekhia MM. 1979. Physical and chemical properties of potato peel as a source of dietary fiber in bread. *J Food Sci* 44: 1403-1407.
- Chen H, Rubenthaler GL, Leung HK, Baranowski JD. 1988. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem* 65: 244-247.
- Scheneeman BO. 1987. Soluble vs insoluble fiber-different physiological responses. *Food Technol* 41: 81-82.
- Kritchevsky D. 1988. Dietary fiber. *Annu Rev Nutr* 8: 301-328.
- Saha BC. 2003. Hemicellulose bioconversion. *J Ind Microbiol Biotechnol* 30: 279-291.
- Hwang JK. 1996. Physicochemical properties of dietary fibers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 715-719.
- D'Appolonia BL. 1979. Uses of nonflour fractions of wheat. *Cereal Foods World* 24: 326-331.
- Mahalko JR, Sandstead HH, Johnson LK, Inman LF, Milne DB, Warner RC, Haunz EA. 1984. Effect of consuming fiber from corn bran, soy hulls, or apple powder on glucose tolerance and plasma lipids in type II diabetes. *Am J Clin Nutr* 39: 25-34.
- Shane JM, Walker PM. 1995. Corn bran supplementation of a low-fat controlled diet lowers serum lipids in men with hypercholesterolemia. *J Am Diet Assoc* 95: 40-45.
- Carpita NC. 1984. Cell wall development in maize coleoptiles. *Plant Physiol* 76: 205-212.

18. Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kim CJ. 1994. Solubilization of plant cell walls by extrusion. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 358-370.
19. Pyler EJ. 1988. *Baking science & technology*. Sosland Publishing Company, Kansas City, MO, USA. Vol II, p 588.
20. Wang YY, Norajit K, Ryu GH. 2011. Influence of extruded hemp-rice flour addition on the physical properties of wheat bread. *J Food Sci Nutr* 16: 62-66.
21. Kang MY, Nam YJ. 1999. Studies on bread-making quality of colored rice (Suwon 415) flours. *Korean J Soc Food Sci* 15: 37-41.
22. Lee HJ. 2005. Effect of resistant starches and non-starch polysaccharides on the characteristics of french bread. *MS Thesis*. Chonnan National University, Chonnan, Korea.
23. Kim EJ, Kim SM. 1998. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 30: 542-547.
24. Lee MH, Byun JB, Kim SK, Choi YS. 2010. The physicochemical and quality properties of the bread added with soy fiber powder. *Korea J Culinary Res* 18: 1-14.